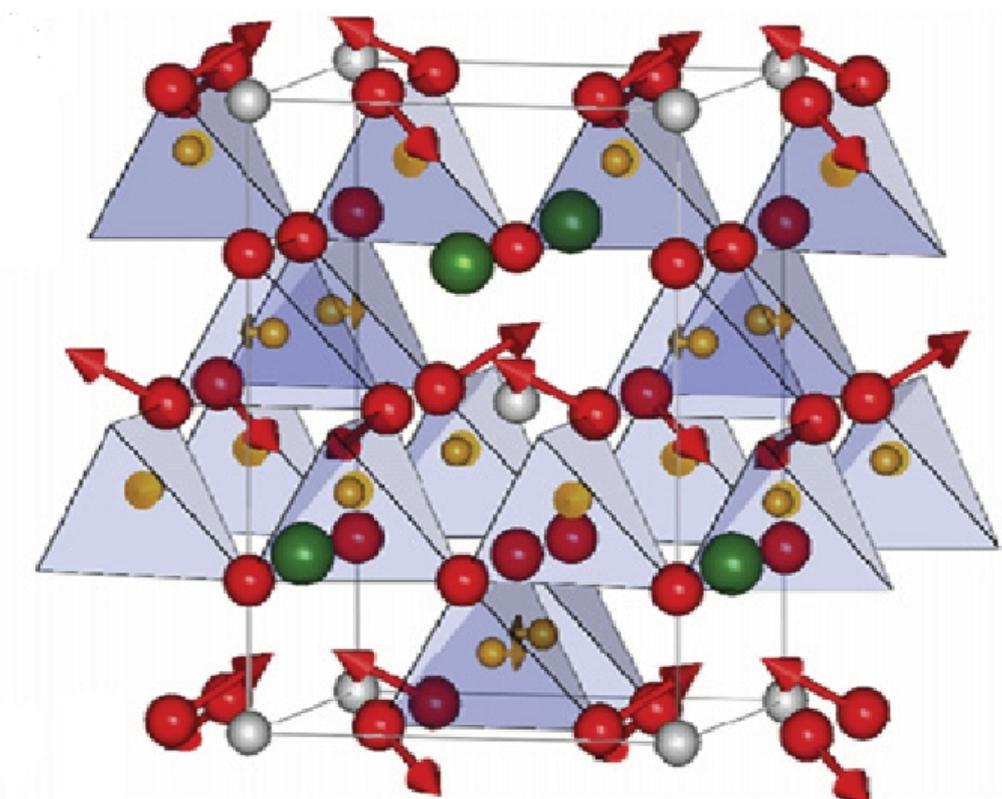


Réunion GDR Matériaux et Interactions en Compétition (MICO)



Réunion de Roscoff

du 7 au 10 janvier 2013



Comité d'organisation :

- Pascale Foury (LPS - Orsay)
- Ricardo Lobo (ESPCI - Paris)
- Arnaud Ralko (Institut Néel - Grenoble)
- Marie-Bernadette Lepetit (Institut Néel - Grenoble)

Programme

Lundi, 14h00–18h15

Magnétisme (Nouveaux états, frustration, etc)

Chair: M.-B. Lepetit

- 14h00–14h10** M.-B. LEPETIT : Mot de bienvenue
- 14h10–14h55** I. MIREBEAU : Les systèmes magnétiques frustrés : état des lieux et perspectives
- 14h55–15h20** C. DARIE : Synthèse sous haute pression, structure, propriétés physiques de $\text{Pb}(\text{V},\text{A})\text{O}_3$,
A=Fe,Ti
- 15h20–15h45** A. BERTIN : Champ cristallin dans les composés pyrochlore magnétiquement frustrés
 $\text{R}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$
- 15h45–16h10** M. PASTUREL : Magnetic and transport properties of the Kagomé antiferromagnet $\text{U}_3\text{Ru}_4\text{Al}_{12}$
- 16h10–16h40** PAUSE CAFÉ
- 16h40–17h25** M. MAMBRINI : Tour d’horizon de la théorie des systèmes magnétiques bidimensionnels frustrés
- 17h25–17h50** F. TROUSSELET : Magnetic properties of a strong spin-orbit coupled Mott insulator and effects of vacancies
- 17h50–18h15** J. ROBERT : Excitations propagatives et corrélations algébriques dans le pyrochlore $\text{Tb}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$

Mardi, 9h30–12h20

Multiferroïques

Chair: R. Lobo

- 9h30–10h15** M. CAZAYOUX : Les multiferroïques : une histoire, des histoires, quelle histoire!!
- 10h15–10h40** S. DE BRION : THz Magneto-electric Atomic Twists In The Chiral Compound $\text{Ba}_3\text{NbFe}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$
- 10h40–11h05** F. MILA : Spin-Orbital Quantum Liquid on the Honeycomb Lattice
- 11h05–11h30** PAUSE CAFÉ
- 11h30–11h55** C. COLIN : Symmetry adapted analysis of the magnetic and structural phase diagram of $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{CrO}_3$
- 11h55–12h20** E. JANOD : Electric-field-induced resistive switching in the AM_4Q_8 Mott insulators : towards memories based on the Mott transition

Mardi, 14h30–16h25

Technique expérimentale de pointe

Chair: P. Foury

- 14h30–15h15** S. RAVY : Cohérence et impulsions ultra-courtes des nouvelles sources X : application à la matière condensée
- 15h15–16h00** F. DUC : Champs magnétiques pulsés et Diffusion des rayons X et des neutrons
- 16h00–16h25** D. LE BOLLOC’H : Creep, Flow and Phase Slippage Regimes : an Extensive View of Sliding Charge Density Wave Revealed by Coherent X-ray Diffraction
- 16h25–16h50** PAUSE CAFÉ

Mardi, 16h50–18h25

Supraconductivité I

Chair: B. Leridon

16h50–17h35 T. KLEIN : Les nouveaux supraconducteurs à base de fer

17h35–18h00 J.P. BRISON : Transport properties in the superconducting ferromagnet UCoGe

18h00–18h25 M. KONCZYKOWSKI : L'effet de désordre sur les propriétés des supraconducteurs à base de fer

Mardi, 18h30–20h00

Réunion du bureau & conseil scientifique du GDR

Chair: M.-B. Lepetit

Mercredi, 9h30–12h25

Matériaux Émergents

Chair: M. Pouchard

9h30–10h15 P. RABU : Nouveaux composés magnétiques, (supra)conducteurs et multifonctionnels : l'approche composite et hybride

10h15–10h40 R. BEN HASSEN : Structural phase transition, dielectric properties and vibrational study of rare earth stannate perovskite type oxides $\text{Sr}_{1-x}\text{Er}_x\text{SnO}_3$

10h40–11h05 R. DAVID : Examples of new compounds with disconnected magnetic units (FM, ferri ...)

11h05–11h30 PAUSE CAFÉ

11h30–11h55 C. DELMAS : Les systèmes Na_xVO_2 : l'apport de l'intercalation électrochimique

11h55–12h20 A. GAUZZI : Suppression of Charge Density Wave in VS_2

Mercredi, 14h30–16h05

Supraconductivité II

Chair: T. Klein

14h30–15h15 M. H. JULIEN : Compétition entre ordre de charge et supraconductivité dans les cuprates

15h15–15h40 B. LERIDON : Dimensional crossover in the superconductor-insulator transition of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$

15h40–16h05 W. KADDOUR : Compétition supraconductivité onde de densité de charge/supraconductivité dans le composé $\text{TTF}[\text{Ni}(\text{dmit})_2]_2$

16h05–16h30 PAUSE CAFÉ

Mercredi, 16h30–17h45

Supraconductivité II & Fermions lourds

Chair: J.-P. Brison

16h30–17h15 S. BURDIN : Electrons f : phases exotiques et ordres mystérieux

17h15–17h40 S. BADOUX : Propriétés de l'état normal d' $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ sous champs magnétiques intenses

17h40–18h05 P. TOULEMONDE : Effect of pressure and chemical substitution on the structural, magnetic and superconducting properties of iron based arsenides and chalcogenides

18h05–18h30 V. BALEDENT : Influence du dopage et de la pression sur la structure électronique de $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$

Jeudi, 9h20–11h50

Fermions Lourds

Chair: M. Pasturel

9h20–9h45 M. POUCHARD : Que peut apporter la connaissance de la liaison chimique à l'approche mécanistique de la supraconductivité à haute T_c ?

9h45–10h10 G. W. SCHEERER : Etude du système à fermions lourds URu₂Si₂ en champ magnétique intense

10h10–10h35 J. BUHOT : Raman Scattering study of the hidden order state of URu₂Si₂

11h00–11h25 D. SANTOS-COTTIN : Transport properties of the correlated 2D system BaNiS₂

11h25–11h50 J.-M. MIGNOT : Ordre paradoxal et dynamique de spin anisotrope dans CeRu₂Al₁₀

Contributions supplémentaires

B. FAUQUÉ : Graphite sous (très) fort champ magnétique

Les systèmes magnétiques frustrés : état des lieux et perspectives

I. Mirebeau

Laboratoire Léon Brillouin, DSM-IRAMIS, CE-Saclay, 91191 Gif sur Yvette

La frustration magnétique peut se caractériser par l'impossibilité pour un système de satisfaire toutes les interactions de paires simultanément. Ceci par ce que différentes interactions sont en compétition, ou bien à cause d'une géométrie particulière du réseau : le cas d'interactions antiferromagnétiques dans un triangle est un exemple bien connu. Les systèmes frustrés chimiquement désordonnés, connus sous le nom de « verres de spin » ont été beaucoup étudiés dans les années 80. Actuellement, l'intérêt se porte sur les systèmes chimiquement ordonnés, impliquant des composés stoechiométriques, qui sont plus faciles à modéliser théoriquement. La frustration s'y présente comme l'outil de tous les possibles, qui élimine les états fondamentaux standards (ferromagnétique, antiferromagnétique colinéaire) et donc permet à d'autres états magnétiques plus subtils d'être stabilisés. Ce qui a des conséquences dans de nombreux systèmes de la matière condensée. Les composés multiferroïques présentent des états ordonnés à longue portée complexes (cycloïdaux,..) potentiellement pilotables. Les aimants chiraux sont sources de défauts multi-hélicoïdaux, les skyrmions, analogues de ceux observés dans les cristaux liquides. Le réseau Kagomé symbolisé par l'étoile de David ou le panier japonais, et le réseau pyrochlore, constitué de tétraèdres jointifs par les sommets, sont des archétypes de la frustration géométrique. Ils induisent des états magnétiques ordonnés à courte portée de type « liquide de spin » ou « glaces de spin », analogues mathématiques d'états thermodynamiques bien connus. On y observe aussi des transitions ou phénomènes intéressants : monopoles magnétiques, ordre par le désordre, transition de Kasteleyn, excitations fractionnaires. La maîtrise des paramètres thermodynamiques : champ magnétique ou électrique, pression, température, permet d'étudier la stabilité de ces états et d'observer éventuellement des points critiques quantiques à température $T = 0$. La diffusion des neutrons qui permet la détermination des structures magnétiques et des excitations de spin, est un outil de choix. Les enjeux sont la détermination des interactions magnétiques en présence, et des paramètres qui interviennent dans les diagrammes de phase.

L'exposé donnera des exemples de cas récents, non exhaustifs et simplifiés. Il s'efforcera aussi de montrer quels sont les problèmes ouverts qui intéressent la communauté et feront peut-être l'objet des expériences de demain.

Synthèse sous haute pression, structure, propriétés physiques de $\text{Pb}(\text{V},\text{A})\text{O}_3$, $\text{A}=\text{Fe},\text{Ti}$

A. Okos,^{1,2} C. V. Colin,¹ M. Legendre,¹ O. Leynaud,¹ S. Pairis¹, P. Bordet,¹ **C. Darie**¹

¹ *Institut Néel, CNRS et UJF, BP 166, F-38042 Grenoble Cedex 9, France*

² *Université Cluj-Napoca, Cluj, Roumanie*

On sait que la ferroélectricité et l'ordre magnétique sont généralement incompatibles pour les composés de structure perovskite ABO_3 et peu de composés multiferroïques ont été découverts dans ces systèmes. En général, ces propriétés sont attribuées à la présence d'une paire électronique non liée des cations sur le site A (souvent Bi^{3+}), associée à celle d'un cation magnétiques sur le site B. Dans cette optique, PbVO_3 apparaît comme un candidat intéressant : il est isostructural du ferroélectrique PbTiO_3 et les cations V^{4+} portant un spin $\frac{1}{2}$. Ce composé nécessite des conditions hautes pressions / hautes températures pour sa synthèse et jusqu'à présent, aucun signe d'ordre magnétique n'a pu être observé. Nous avons entrepris l'étude de ce composé sous forme de poudre et de monocristal pour mieux comprendre la nature des interactions magnétiques conduisant à l'absence de mise en ordre dans ce composé. Nous avons également étudié la substitution du vanadium par le fer et le titane. Les résultats des études structurales, magnétiques et électriques seront présentés.

Champ cristallin dans les composés pyrochlore magnétiquement frustrés $R_2Ti_2O_7$

A. Bertin, Y. Chapis, P. Dalmas de Réotier, et A. Yaouanc

Institut Nanosciences et Cryogénie, SPSMS, CEA et Université Joseph Fourier, Grenoble France

D'ordinaire, les matériaux magnétiques *classiques* s'ordonnent en dessous d'une température de transition afin d'établir un ordre magnétique (on parle alors de ferromagnétisme, d'antiferromagnétisme...). Le phénomène de frustration géométrique, i.e. l'impossibilité de satisfaire toutes les interactions magnétiques, conduit à divers états magnétiques non conventionnels. Depuis une vingtaine d'années, il s'est manifesté un intérêt grandissant pour l'exploration des composés cristallisant dans la structure dite pyrochlore, dont le réseau magnétique se caractérise par un réseau de tétraèdres reliés par leurs sommets. Parmi eux, la série $R_2Ti_2O_7$, où R est un lanthanide, présente une grande variété de comportements magnétiques, la glace de spin ($Ho_2Ti_2O_7$) étant un des exemples célèbres. La dégénérescence de l'état fondamental caractéristique des réseaux frustrés ainsi que la compétition entre les différentes interactions magnétiques sont à l'origine de cette grande diversité. L'anisotropie des moments magnétiques (axiale ou planaire), définie par rapport à l'axe de symétrie locale, se révèle alors primordiale : celle-ci résulte de l'interaction entre les électrons localisés de la couche 4f et le champ cristallin associé à la distribution de charges électriques créée par les ions autour du site de la terre rare. Cette perturbation lève la dégénérescence du terme fondamental issu du couplage spin-orbite pour donner $(2J + 1)$ niveaux d'énergie, où J est le moment cinétique total de la terre rare. Ce champ est traditionnellement déterminé par l'analyse de spectres de diffusion inélastique des neutrons sur un seul composé. Cependant, vu le faible nombre de transitions observées entre niveaux de champ cristallin, l'extension de ces résultats pour décrire les autres composés de la série est approximative. En assumant une loi d'échelle entre les paramètres de champ cristallin, nous avons analysé simultanément toutes les données publiées sur les composés de la série en utilisant les transitions observées entre les différents niveaux d'énergie ($Ho_2Ti_2O_7$, $Tm_2Ti_2O_7$) et en décrivant les spectres ($Tb_2Ti_2O_7$, $Er_2Ti_2O_7$). Cela permet de trouver un unique set de paramètres de champ cristallin pour toute la série et ainsi d'obtenir un diagramme de niveaux d'énergie cohérent mais également d'accéder à l'expression de toutes les fonctions d'onde et des facteurs spectroscopiques g renseignant sur l'anisotropie des moments magnétiques. La détermination de ces paramètres s'avère cruciale pour une analyse détaillée de différentes mesures (propriétés magnétiques, coefficients magnétoélastiques, taux de relaxation spin-réseau obtenu par spectroscopie de muon...).

Magnetic and transport properties of the Kagomé antiferromagnet $U_3Ru_4Al_{12}$

M. Pasturel,¹ R. Troć,² O. Tougait,¹ A. P. Sazonov,³ A. Gukasov,³ C. Sulkowski,² et H. Noël¹

¹*Institut des Sciences Chimiques de Rennes, Chimie du Solide et Matériaux, Rennes, France*

²*Institute of Low temperature and Structure Research, Polish Academy of Sciences, Wrocław, Poland*

³*Laboratoire Léon Brillouin, Gif-sur-Yvette, France*

$U_3Ru_4Al_{12}$ was reported [1] to adopt the hexagonal $Gd_3Ru_4Al_{12}$ structure-type in which the uranium atoms are forming a distorted Kagome network where [U3] triangles ($d_{U-U}=3.662\text{\AA}$) are connected by apexes to larger ones ($d_{U-U}=5.168\text{\AA}$). This geometry usually induces some geometrical frustrations of uranium magnetic moments and accordingly $U_3Fe_4Al_{12}$ [2] and $U_3Co_4Al_{12}$ [3] exhibit a spin-glass behavior. It was thus surprising that a polycrystalline sample of $U_3Ru_4Al_{12}$ exhibits an antiferromagnetic ordering at $T_{N,poly}=8.4\text{K}$, moreover in the presence of Kondo effects.

In order to further investigate this unusual behavior, a single crystal was investigated [4] and shows that :

- the thermal dependence of the magnetic susceptibility measured along the a -axis is characteristic of an antiferromagnetic ordering with a clear maximum at $T_N=9.5(5)\text{K}$, while only a shallow maximum at lower temperature is observed along the c -axis, suggesting an ordering of the moments in the (a,b) plane. This arrangement is confirmed by neutron diffraction experiments and the original magnetic structure will be presented ;
- a large anisotropy is also observed between crystallographic axes on the resistivity measurements. While a sharp drop occurs along the c -axis due to the spin ordering, an intense peak is observed below T_N along the a -axis. The latter is attributed to the gapping of the Fermi surface due to (i) the occurrence of new Brillouin zone boundaries in the antiferromagnetic state or (ii) of the rise of a spin density wave ;
- preliminary specific heat measurements under magnetic field evidence a spin reorganisation above 6T.

[1] M. Pasturel et al., J. Phys. : Cond. Matter, 21 (2009) 125401.

[2] O. Tougait et al., Phil. Mag., 87 (2007) 1085.

[3] A. P. Gonçalves et al., Intermetallics, 17 (2009) 25.

[4] R. Troć et al., Phys. Rev. B, 85 (2012) 064412.

Tour d'horizon de la théorie des systèmes magnétiques bidimensionnels frustrés

M. Mambrini

Laboratoire de Physique Théorique, Toulouse

Un système classique est dit frustré lorsque la minimisation (globale) de son énergie ne peut pas être obtenue par la minimisation locale des contraintes dues aux interactions. Le système est alors amené à adopter un compromis global, souvent non trivial au regard des interactions parfois très simples qui en sont à l'origine. Dans le domaine du magnétisme, les effets de la frustration, qui est à l'origine une notion classique, sont encore plus spectaculaires et riches car il amplifient à basse température les effets des fluctuations quantiques, ce qui se signale typiquement par une absence de mise en ordre magnétique et des états fondamentaux aux propriétés non conventionnelles. En ligne de mire, l'état liquide de spin représente un défi aussi bien pour les expérimentateurs que pour les théoriciens.

Dans cet exposé, je me concentrerai sur les systèmes bidimensionnels quantiques. Je tenterai d'abord de montrer quelles sont les principales questions (caractérisation des états exotiques dont les liquides de spins, propriétés topologiques, nature des excitations, déconfinement des excitations, transitions de phases quantiques, ...) et difficultés qui se posent au théoricien, quelles méthodes originales ont été développées dans la période récente pour attaquer ces problèmes (utilisation du DMRG sur des systèmes 2d, développement récents sur les modèles de dimères quantiques,...) et quels liens, au départ inattendus, sont naturellement apparus avec des domaines comme l'information quantique.

Dans une deuxième partie j'évoquerai la question du lien théorie/expérience et les difficultés qu'il y a, d'une part, à vérifier expérimentalement les concepts introduits par la théorie et, d'autre part, à faire des prédictions théoriques fiables sur des quantités directement mesurables. Par exemple, comment caractériser expérimentalement des états comme les liquides de spins, définis « en creux » par le théoricien par l'absence de paramètre d'ordre ou caractérisés par des propriétés topologiques échappant aux sondes locales? Symétriquement des problèmes d'apparence aussi simple que de connaître le comportement de la chaleur spécifique à basse température d'un composé frustré restent redoutables pour le théoricien alors qu'elles sont naturelles d'un point de vue expérimental. Un apport décisif de la théorie ces dernières années a été de fixer un cadre de description à basse énergie dans lequel les objets pertinents sont des dimères et non des spins et les excitations de basse énergie des spinons et des visons. Si la mise en évidence expérimentale de visons et des propriétés topologiques des liquides de spins reste encore spéculative, l'étude des spinons et de leur déconfinement est en revanche accessible par diffusion inélastique de neutrons.

Magnetic properties of a strong spin-orbit coupled Mott insulator and effects of vacancies

F. Trouselet,^{1,2} P. Horsch,² et G. Khaliullin²

¹*Institut Néel, Grenoble, France*

²*Max-Planck Institut für Festkörperforschung (MPIFKF), Stuttgart, Germany*

We study the ground state properties of the Kitaev-Heisenberg model in a magnetic field, and consider the effects of non-magnetic vacancies. This spin 1/2 model, defined on the honeycomb lattice, interpolates between the (exactly solvable) Kitaev [1] and the Heisenberg Hamiltonians ; besides it might be relevant for layered iridates $A_2\text{IrO}_3$ ($A=\text{Na}$ or Li), in which a large spin-orbit coupling leads to a description in terms of pseudospins 1/2 coupled by such interactions [2]. By means of exact diagonalizations, we determine the phase diagram without vacancies, as a function of the ratio between Kitaev and Heisenberg interaction amplitudes, and of the magnetic field [3]. We show that, in the (antiferromagnetic) stripe ordered phase, the static susceptibility and its anisotropy can be described by a spin canting mechanism, as well as the transition to the polarized phase when including quantum fluctuations perturbatively. Our results concerning the trends of susceptibility are consistent with experimental studies [4] indicating a stripe phase at low temperatures in both Na and Li iridates.

We then consider the effects of spin vacancies in the model. These effects depend sensitively on the type of the ground state : in the liquid phase, an isolated vacancy in a small field creates in its vicinity a spatially anisotropic magnetization pattern, which we relate [3] to that of spin correlations in the vacancy-free system. In the stripe phase, the combination of a vacancy and a small field breaks the sixfold symmetry of the model and stabilizes a particular stripe pattern. Eventually we will briefly show that, although another type of antiferromagnetic order (*zigzag phase*) has been evidenced in Na_2IrO_3 by very recent studies [5], the features we discuss are also expected there.

[1] A.Y. Kitaev, Ann. Phys. 321, 2006, pp.2-111.

[2] G. Jackeli and G. Khaliullin, PRL **102**, 017205 (2009).

[3] F. Trouselet, G. Khaliullin, and P. Horsch, PRB **84**, 0544009 (2011).

[4] Y. Singh, P. Gegenwart, PRB **82**, 064412 (2010) ; Y.S., S. Manni, and P.G., PRL **108**, 127203 (2012).

[5] F. Ye *et al.*, PRB **85**, 180403(R) (2012).

Excitations propagatives et corrélations algébriques dans le pyrochlore $\text{Tb}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$

S. Guitteny,¹ S. Petit,¹ **J. Robert**,¹ P. Bonville,² et I. Mirebeau¹

¹Laboratoire Léon Brillouin, CEA Saclay, France

²SPEC, CEA Saclay, France

Les composés pyrochlores $R_2X_2O_7$, dans lesquels les atomes magnétiques de terre rare R forment un réseau de tétraèdres reliés par les sommets, présentent une grande variété d'états fondamentaux : liquides de spin, glaces de spin présentant des excitations fractionnaires de type monopole magnétique, ordres magnétiques complexes, etc. Cette richesse de comportement résulte de la forte frustration existant au sein de ces systèmes, et trouvant son origine dans la compétition subtile entre différents mécanismes : anisotropie magnétocristalline (isotrope, Ising, XY), interactions d'échanges, interactions dipolaires.

Dans cette famille, le composé $\text{Tb}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$, dont les ions magnétiques de terbium sont caractérisés par une anisotropie de type Ising, ne présente pas d'ordre magnétique jusqu'aux plus basses températures. Dans ce système, deux types d'états pourraient idéalement être stabilisés en fonction de l'interaction d'échange : un couplage effectif FM induit une contrainte locale connue sous le nom d'*ice rule* donnant lieu à des corrélations algébriques entre les spins mais pas d'ordre à longue portée. A l'inverse, un couplage effectif AFM permet la stabilisation d'un état ordonné AFM non collinéaire. Cependant, le composé $\text{Tb}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ garde un état de type liquide de spin, caractérisé notamment par de fortes fluctuations jusqu'à 50 mK. A l'heure actuelle, aucun consensus n'a encore pu être trouvé pour expliquer un tel comportement [1].

Récemment, des mesures de diffusion neutroniques effectuées au LLB nous ont permis de mettre en évidence la présence de corrélations singulières dans ce système : alors qu'une première large contribution quasi-élastique s'étend autour des positions $Q = (002)$, une seconde, plus fine, est observée dans les directions $[hhh]$, présentant notamment des pinch points en $Q = (111)$ [2]. Ces derniers pourraient être la signature de corrélations algébriques impliquant l'existence d'une contrainte locale telle que celle observée dans les glaces de spins [3]. Aussi, l'utilisation de neutrons polarisés nous a permis d'observer la présence d'excitations de très basse énergie fines et dispersives [4]. Ces résultats ont plusieurs implications que je développerai au cours de cet exposé. Outre le fait qu'elles confirment la présence de fortes corrélations statiques existant dans ce système (en effet, une certaine rigidité semble nécessaire pour propager des excitations collectives), l'observation de telles excitations requiert l'existence d'une brisure de la symétrie trigonale des ions de terbium [5]. Ces résultats sont ainsi compatibles avec les récentes suggestions de l'existence d'une distorsion structurale permettant notamment d'expliquer l'absence d'ordre à longue portée ou d'un état spin ice conventionnel dans $\text{Tb}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ [2,5].

[1] H. Molavian *et al.* PRL **98**, 157204, (2007).

[2] S. Petit *et al.* PRB **86**, 174403 (2012).

[3] T. Fennell *et al.* PRL **109**, 017201 (2012).

[4] S. Guitteny *et al.*, not published.

[5] P. Bonville *et al.* PRB **84**, 184409 (2011).

Les multiferroïques : une histoire, des histoires, quelle histoire !!

M. Cazayoux

MPQ, Paris, France

Les multiferroïques sont des matériaux qui présentent simultanément un ordre ferroélectrique et un ordre magnétique qui dans certains cas interagissent. Une telle interaction est un enjeu considérable dans l'électronique de spin ou le stockage de l'information car elle offre l'opportunité de contrôler les spins via un champ électrique et la polarisation via un champ magnétique. D'un point de vue des concepts, c'est matériaux ont permis de mettre en évidence la ferroélectricité d'origine magnétique ou de nouvelles excitations hybrides dans les régimes de « couplage fort » entre magnétisme et ferroélectricité.

Après un rapide historique, je brosserai le portrait de cette thématique au travers des principales découvertes de ces dernières années et au regard des nombreuses questions fondamentales qui la sous-tende. Je montrerai également comment les perspectives applicatives de ces matériaux dynamisent fortement ce domaine.

THz Magneto-electric Atomic Twists In The Chiral Compound $\text{Ba}_3\text{NbFe}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$

L. Chaix,^{1,2} **S. de Brion**², F. Lévy-Bertrand², V. Simonet², R. Ballou,² A. Cano,³ B. Canals,² P. Lejay,² J.B Brubach,⁴ G. Creff,⁴ F. Willaert,⁴ and P. Roy⁴

¹ *Institut Laue-Langevin, 6 rue Jules Horowitz, BP 156, F-38042 Grenoble Cedex 9, France*

² *Institut Néel, CNRS and Université Joseph Fourier, BP166, F-38042 Grenoble Cedex 9, France*

³ *ESRF, 6 rue Jules Horowitz, BP 220 -38043 Grenoble, France*

⁴ *Synchrotron SOLEIL, L'Orme des Merisiers, F-91192 Gif-sur-Yvette, France*

The magnetoelectric couplings produce striking phenomena both at the static and at the dynamical level. A prominent example is the electric-charge dressing of magnons, resulting in the so-called electro-magnons, that has been demonstrated experimentally in multiferroics. The mirror excitation, i. e. phonon associated with orbital current hence excitable by a magnetic field has never been reported so far. We present here this new type of excitation observed in the chiral compound $\text{Ba}_3\text{NbFe}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$ using Terahertz (THz) spectroscopy at the AILES synchrotron beamline. The $\text{Ba}_3\text{NbFe}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$ compound crystallise in the P321 space group where the magnetic ions Fe^{3+} form triangles that are stacked along the c axis. A complex chiral magnetic order is established below $T_N = 27$ K forming a helical magnetic state due to a twist of the exchange path along the c axis.

Three different excitations are observed at 5 K : the first one, around 13 cm^{-1} , disappears a T_N and is assigned to a magnon (see Fig 1(a)). The other two, at 23 cm^{-1} and 29 cm^{-1} , persist up to four times T_N . The former is excited by the THz magnetic field lying in the triangle plane while the later is excited by the THz electric field along the c axis. We argue that both excitations arise from a twisting mode of the lattice whose magneto-electric activity reveals the transition into a helical state of polarization.

Spin-Orbital Quantum Liquid on the Honeycomb Lattice

F. Mila

EPFL, Lausanne, Switzerland

Since the early days of high T_c cuprate superconductors and Anderson's RVB (Resonating Valence Bond) theory, the search for quantum spin liquids has been an extremely active field of research. Twenty five years down the road, two paradigms have emerged as plausible candidates : RVB spin liquids with topological order, and algebraic spin liquids. In this talk, I will present recent results [1] which provide strong evidence that the spin-orbital $SU(4)$ symmetric Kugel-Khomskii model on the honeycomb lattice is an algebraic quantum spin-orbital liquid. The absence of any form of symmetry breaking - lattice or $SU(N)$ - is supported by a combination of semiclassical and numerical approaches : flavor-wave theory, tensor network algorithm, and exact diagonalizations. In addition, all properties revealed by these methods are very accurately accounted for by a projected variational wave function based on the p-flux state of fermions on the honeycomb lattice at $1/4$ filling. In that state, correlations are algebraic because of the presence of a Dirac point at the Fermi level, suggesting that the symmetric Kugel-Khomskii model on the honeycomb lattice is an algebraic quantum spin-orbital liquid. Implications for the recently discovered spin-orbital-liquid behavior of $Ba_3CuSb_2O_9$ [2] will be briefly discussed.

[1] P. Corboz, M. Lajko, A. M. Laeuchli, K. Penc, and F.Mila, Phys. Rev. X 2, 041013 (2012).

[2] S. Nakatsuji et al., Science 336, 559 (2012).

Symmetry adapted analysis of the magnetic and structural phase diagram of $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{CrO}_3$

C. V. Colin, P. Bordet, C. Goujon, and C. Darie

Institut Néel, CNRS and Université Joseph Fourier, Grenoble, France

Bismuth based perovskite compounds BiMO_3 (M=transition metal) have recently attracted a lot of attention due to the possibility of intrinsic multiferroism. One of the least investigated compounds of the series is BiCrO_3 , probably because it can only be synthesized under high pressure. Understanding multiferroism in a complex material such as BiCrO_3 cannot be envisaged without establishing the close relationship between structural and magnetic properties. To do so we propose here the following approach : (i) the monoclinic structural distortion of BiCrO_3 will be tuned by isovalent substitution of the Bi^{3+} cation by another cation which does not possess a stereoactive electronic lone pair ; (ii) the magnetic structures and active distortion modes will be determined by refinement of neutron and x-ray powder diffraction data using the symmetry mode analysis concept. This method will allow hierarchizing distortion modes and identifying those which stabilize the various distorted structures with respect to the cubic perovskite one. Since the structural distortions are related to the magnetic super-exchange through the control of orbital overlaps, this procedure is well suited to reveal the links between structure and magnetic ordering in this quite complex system.

$\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{CrO}_3$ compounds were synthesized under high pressure and high temperature. The magnetic and structural phase diagrams were established by means of magnetization measurements, x-ray and neutron powder diffraction. We found that the monoclinic distorted structure is replaced by the orthoferrite-type orthorhombic structure for $x \geq 0.05$. Neutron powder diffraction experiments revealed that all compounds display G-type antiferromagnetic structures however the direction of the spins changes with yttrium content : spins are aligned along the b-axis (Γ_7 magnetic representation) for yttrium-poor compounds and along the c-axis (Γ_5 magnetic representation) for yttrium-rich compounds. Symmetry adapted analysis was performed indicating the importance of the LD3 distortion mode (see figure 1) for the stabilization of the monoclinic structure and its antiferroelectric arrangement. The interplay between crystal distortion modes and magnetic properties will be discussed [1].

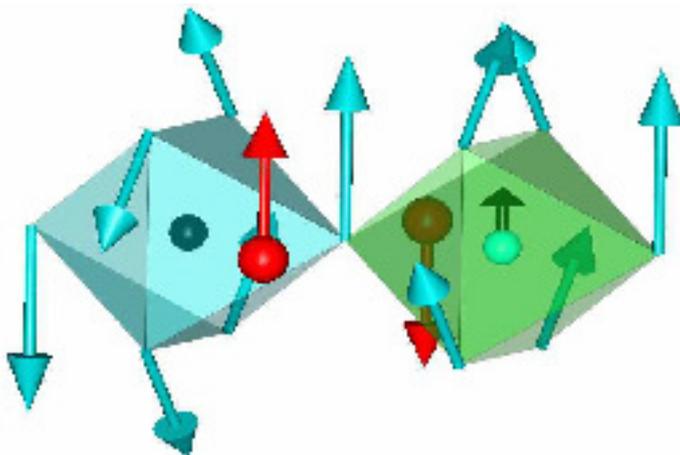


Figure 1 : Detailed view on the LD3 distortion around the two distinct chromium sites. The directions of the atomic displacement correspond to the direction of the arrows (Oxygen in blue, Bismuth in red, Chromium in green).

[1]. Colin, C.V., Pérez, A., Bordet, P., Goujon, C. and Darie, C. Physical Review B 224103, 1–11 (2012).

Electric-field-induced resistive switching in the AM_4Q_8 Mott insulators : towards memories based on the Mott transition

B. Corraze,¹ L. Cario,¹ **E. Janod**,¹ V. Guiot,¹ J. Tranchant,¹ M.-P. Besland,¹ V. Dubost,² T. Cren,² D. Roditchev,² V. T. Phuoc,³ M. Chligui,³ P. Stoliar,⁴ M. Rozenberg⁴

¹ *Institut de Matériaux Jean Rouxel (IMN), Université de Nantes, CNRS, 2 rue de la Houssinière, BP32229, 44322 Nantes, France*

² *Institut des Nanosciences de Paris (INSP), CNRS UMR 75-88, Université Paris 6 (UPMC), 4 place Jussieu, 75252 PARIS cedex 05, France*

³ *GREMAN Tours, UMR 7347, Université de Tours-CNRS, Parc de Grandmont, 37200 Tours, France*

⁴ *Laboratoire de Physique des Solides, UMR 8502, Université Paris Sud, Bât 510 91405 Orsay cedex, France*

The AM_4Q_8 (A=Ga,Ge; M=V,Nb,Ta,Mo; Q=S,Se) compounds represent a new family of Mott insulators with a narrow Mott-Hubbard gap (0.1 to 0.3 eV). In these compounds, bandwidth-controlled insulator-metal-superconductor transitions occur under moderate pressure in $GaTa_4Se_8$ and $GaNb_4Se_8$. Recently we have discovered that the application of short electrical pulses on these compounds induces a volatile Resistive Switching (RS) above a threshold electric field E_{th} of a few kV/cm. This transition becomes non-volatile at higher electric fields ($E \sim 10E_{th}$). We have also demonstrated the possibilities to induce non-volatile and reversible switching between two resistances states (two-levels switching) and to reach intermediate resistance states (multilevel switching). These functionalities make the AM_4Q_8 compounds of interest for RRAM and Memristors applications.

All our results indicate that the RS found in the AM_4Q_8 compounds does not match with any previously described mechanisms based on phase or chemical changes. In contrast, our STM study reveals that this new resistive switching is related to the formation of an electronic phase separation at the nanometer scale with the creation of some metallic/superconducting domains. It also shows the existence of a very unusual electrostrictive phenomenon, highlighting the similarity between applying a pressure and applying an electric field on the AM_4Q_8 compounds. The new resistive switching mechanism observed in the AM_4Q_8 compounds is not yet elucidated. However our work suggests that it might be related to an electro-mechanical coupling that leads to a Mott transition at the nanometer scale.

Our recent work shows that it is possible to deposit a thin layer of GaV_4S_8 and to retrieve the reversible non-volatile RS on a metal-insulator-metal (MIM) device. These results lay the foundations of a new type of RRAM or Memristor non-volatile memory using as mechanism of resistive switching a Mott insulator to metal transition at the nanoscale.

Cohérence et impulsions ultra-courtes des nouvelles sources X : application à la matière condensée

S. Ravy

Synchrotron Soleil, Saclay, France

Les sources de rayons X de 3e (synchrotron) et de 4e génération nouvellement en service (lasers à électrons libres), permettent de réaliser de nouvelles expériences de diffraction des rayons X, qui utilisent la cohérence des faisceaux et les impulsions courtes ou ultra-courtes qu'elles génèrent. Cette exposé fera une introduction au fonctionnement et aux propriétés de ces sources et donnera des exemples récents d'application en physique de la matière condensée.

Champs magnétiques pulsés et Diffusion des rayons X et des neutrons

F. Duc

Laboratoire National des Champs magnétiques Intenses, UPR3228 CNRS-INSA-UJF-UPS, Toulouse & Grenoble, France

L'étude des propriétés physiques des matériaux à très fortes corrélations électroniques est un enjeu majeur dans le domaine de la matière condensée. Dans ces composés, un grand nombre d'états fondamentaux résulte des interactions, voire de la compétition des spins avec les différents degrés de liberté du système comme les degrés de liberté de charges, d'orbitales et de réseau. Sous l'application d'un champ magnétique intense, il est possible via l'interaction Zeeman de contrôler l'état fondamental du système, et donc d'induire des transitions de phases entre plusieurs états fondamentaux.

De par la nature différente des rayonnements et des interactions mises en jeu, les techniques de diffusion des rayons X et des neutrons constituent des outils complémentaires d'analyse, fournissant à la fois des informations sur la structure atomique et sur les propriétés magnétiques des matériaux. En raison de la forte interaction entre le spin $1/2$ du neutron et le moment magnétique des atomes, la diffraction des neutrons offre, de plus, une chance unique d'étudier l'ordre magnétique d'un système, et par là même d'explorer et comprendre l'origine des nouveaux états observés à forts champs.

C'est dans ce contexte que de nombreux efforts ont été réalisés ces dix dernières années, pour combiner les champs magnétiques intenses pulsés (jusqu'à 40 T) aux techniques de mesure synchrotron et neutron. Les champs pulsés constituent, en effet, un bon compromis en terme de coût et d'infrastructure pour générer des champs forts dépassant les limites fournies par les aimants résistifs et supraconducteurs.

Cet exposé a pour objectif de présenter un aperçu des différents dispositifs de champs magnétiques pulsés permettant de réaliser actuellement des expériences de diffusion des rayons X et des neutrons sous forts champs magnétiques. Ces développements seront illustrés par des résultats récents.

Creep, Flow and Phase Slippage Regimes : an Extensive View of Sliding Charge Density Wave Revealed by Coherent X-ray Diffraction

E.Pinsolle,^{1,2} N. Kirova,¹ V.L.R. Jacques,¹ A.A. Sinchenko,³ and D. Le Bolloc'h¹

¹ *Laboratoire de Physique des Solides, Bât. 510, Université Paris-sud, 91405 Orsay, France*

² *Synchrotron SOLEIL L'Orme des Merisiers Saint-Aubin - BP 48 91192 GIF-sur-YVETTE CEDEX*

³ *Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of RAS, Mokhovaya 11-7, 125009 Moscow, Russia*

Many physical systems obey the general issue of elastic objects pinned by randomly distributed impurities, such as magnetic domains walls, dislocation lines, Wigner crystals, vortex lattices or charge density waves. In all those cases, the competition between elasticity and disorder leads to a rich phase diagram including three regimes : the creep regime at small forces, the depinning regime around a threshold force and the flow regime at large driving forces where the elastic object moves as a whole with a finite velocity.

We show here the behavior of a sliding CDW probed by coherent x-ray scattering. A charge density wave is a 3D modulation of the electronic density which relies upon a nesting property of the Fermi surface and a periodic distortion of the lattice. The band filling fixes the wave vector of the modulation at twice the Fermi wave vector $2k_F$, which may be incommensurate. This is the case of the NbSe_3 compound studied here which displays a first incommensurate CDW modulation at $2k_F = 0.241b^*$ below $T_c = 144\text{K}$. Similarly to the other elastic objects, the depinning of the CDW occurs above a threshold current. The CDW then slides with respect to the lattice, thus contributing to the electronic charge transport.

The collective motion of a CDW has been observed thanks to coherent x-ray diffraction. These measurements illustrate the extensive behavior of a moving electronic crystal : the creep regime, with nucleation of CDW dislocations, the flow regime, with motional ordering, along with phase slippage and the role of strong pinning due to an extrinsic defect.

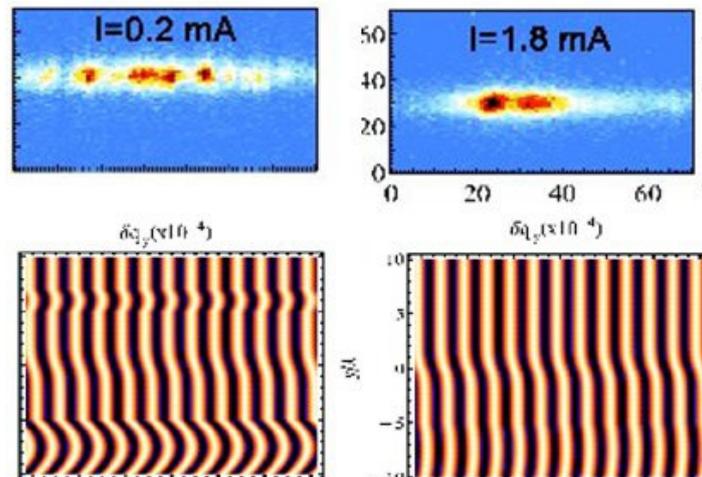


FIG. 1 – Coherent diffraction of the $(0\ 1.241\ 0)$ satellite reflection associated with the CDW in NbSe_3 , at 120K and under an external field. Below the threshold field $I=0.2\text{mA}$ ($I_s=0.8\text{mA}$), CDW speckle appear due to the presence of CDW dislocations. Above I_s (for $I=1.8\text{mA}$), a motional ordering is observed and speckle disappear. With the help of an elastic model, we display the corresponding images of the charge density wave in the real space, below and above the threshold field (the wave fronts in white correspond to a excess of electrons).

[1] E. Pinsolle, N. Kirova, V.L.R. Jacques, A.A. Sinchenko and D. Le Bolloc'h, accepted in Phys. Rev. Lett. (2012).

Les nouveaux supraconducteurs à base de fer

T. Klein

Institut Néel, Grenoble

La découverte au printemps 2008, de cette nouvelle famille de supraconducteurs a rapidement suscité un très vif intérêt au sein de la communauté. Ces systèmes se caractérisent en effet par des valeurs étonnement élevées de leur température critique (pouvant atteindre 55K) mais surtout par la proximité d'un composé parent présentant une structure magnétique de type onde de densité de spins qui pourrait jouer un rôle fondamental dans le mécanisme de couplage (médié par les fluctuations de spins). Au cours de cet exposé, je passerai en revue certains des effets les plus caractéristiques de ces nouveaux composés tels leur très faible densité superfluide, les lois d'échelle anormales, le fort effet de brisures de paires, les effets multi-gaps,....

Transport properties in the superconducting ferromagnet UCoGe

M. Taupin,¹ L. Howald,² D. Aoki,¹ F. Wilhelm,³ A. Rogalev,³ J.P. Sanchez,¹ and **J.P. Brison**¹

¹ *SPSMS-UMR-E UJF Grenoble 1, INAC-CEA, 17 Rue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 9, France*

² *Physik-Institut, Universität Zürich, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zürich, Switzerland*

³ *European Synchrotron Radiation Facility, B.P. 220, 38043, Grenoble, France*

More than ten years ago, the first ferromagnetic superconductor, UGe₂, was discovered [1]. It presents very striking behaviors, notably under high magnetic field : superconductivity is enhanced by the field (applied in peculiar directions), with the presence of a re-entrant superconducting phase at high field [2]. This argues for the close relationship between ferromagnetism and superconductivity in this system. Two other compounds have been found to have the same properties at ambient pressure : URhGe [3,4] in 2001 and UCoGe [5,6] in 2007, with also astonishing enhancement of the superconducting properties under high fields. Nevertheless, very little is still known on their superconducting state (symmetry of the order parameter, gap nodes. . .) due to the difficulty to grow high quality single crystals.

Remarkable progress has been done in the last two years on the crystal quality of UCoGe, so that we can now probe the superconducting gap symmetry of this system. UCoGe is ferromagnetic at 2.5K and superconducting at 0.7K. First XMCD measurements on this system have allowed to precise the magnetic state of UCoGe up to 17T in the c and b direction. They confirmed that, opposite to the case of URhGe, no change (microscopic or macroscopic) happens in the magnetic state of UCoGe, in the field range where superconductivity is re-enforced.

Transport measurements have been performed at low temperature (down to 10mK), under magnetic field (up to 8.5T) and with different samples quality. A piezo-rotator and two goniometers are mounted to allow aligning precisely and in-situ the magnetic field with one crystallographic axis. We show that unusual properties, such as re-entrant superconductivity or upward curvature of the critical field, are confirmed by bulk measurements [7]. We also demonstrate that magnetic fluctuations have a large contribution to the thermal conductivity and are suppressed when the magnetic field is applied along the easy magnetization axis, while they are almost field independent when the field is along another crystallographic axis. This is in good agreement with previous NMR studies [8,9]. We also show the most recent thermal conductivity measurements on the best crystals favours a multigap behavior, which might be directly connected to the ferromagnetic underlying order.

- [1] S.S. Saxena et al., Nature 406, 587 (2000).
- [2] A. Huxley et al., Phys. Rev. B 63, 144519 (2001).
- [3] D. Aoki et al., Nature 413, 612 (2001).
- [4] F. Levy et al., Science 309, 1343 (2005).
- [5] N.T. Huy et al., Phys. Rev. Lett. 99, 067006 (2007).
- [6] D. Aoki et al., J. Phys. Soc. Jpn. 78, 113709 (2009).
- [7] L. Howald et al., to be published.
- [8] Y. Ihara et al., Phys. Rev. Lett. 105, 206403 (2010)
- [9] T. Hattori et al., arXiv :1112.2812v1

L'effet de désordre sur les propriétés des supraconducteurs à base de fer

M. Konczykowski

Laboratoire des Solides Irradiés, CNRS-UMR 7642 & CEA-DSM-IRAMIS, Ecole Polytechnique, F 91128 Palaiseau cedex, France

L'effet de désordre cristallin sur les propriétés des supraconducteurs de deuxième espèce est double. D'un côté l'ancrage des lignes de flux magnétique par les défauts détermine le courant critique, de l'autre la diffusion des quasi particules peut être le facteur limitant de la température critique T_c . La présence des défauts est inéluctable dans tous les matériaux cristallins et un désordre latent est toujours présent. Pour élucider son rôle nous avons introduit dans les cristaux de plusieurs familles de pnictides à base de fer ($\text{Ba}(\text{FeAs}_{1-x}\text{P}_x)_2$, $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ru}_x\text{As})_2$, $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x(\text{FeAs})_2$, $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$), du désordre artificiel par irradiation avec des particules énergétiques. L'irradiation aux ions lourds permet la création de défauts corrélés sous forme de traces amorphes. Les défauts ponctuels ont été introduits par irradiation aux électrons sur des échantillons refroidis, ceci afin d'éviter leur migration et leur agglomération.

Les défauts corrélés, produisent un fort accroissement de courant critique, mesuré par l'aimantation magnétique irréversible, sans affecter la température critique. La relaxation magnétique, substantielle, présente dans tous les supraconducteurs à base de fer, persiste après irradiation, mais le régime de fluage de flux est modifié.

Le désordre ponctuel, introduit par irradiation aux électrons, produit une forte dépression de T_c . Une réduction de moitié de sa valeur initiale (29K) a été observée dans $\text{Ba}(\text{FeAs}_{1-x}\text{P}_x)_2$. Cette dépression est corrélée avec l'accroissement de la résistivité. Les mesures de la longueur de pénétration en fonction de la température nous ont permis de suivre l'évolution de la structure du gap supraconducteur avec du désordre. Une variation linéaire, indicative de la présence des zéros dans le gap a été observée dans les échantillons vierges de $\text{Ba}(\text{FeAs}_{1-x}\text{P}_x)_2$. A faible dose d'irradiation cette variation devient exponentielle, caractéristique de gap sans zéros. A forte dose une variation en T^2 apparaît, symptomatique de la présence de niveaux au milieu du gap. Le couplage de symétrie d est incompatible avec cette observation. Par contre l'évolution de la structure du gap avec le désordre est celle prédite pour le couplage de type s^{\pm} .

Ce travail a été réalisé en collaboration avec Takasada Shibauchi, Shigeru Kasahara et Yuta Mizukami, de l'Université de Kyoto, Japon, Ruslan Prozorov, Makarii Tanatar de Ames Laboratory, Iowa, USA et Kees van der Beek, LSI, Ecole Polytechnique.

Nouveaux composés magnétiques, (supra)conducteurs et multifonctionnels : l'approche composite et hybride

P. Rabu

IPCMS, UMR7504 CNRS-Université de Strasbourg; 23, rue du Loess, BP43 67034 Strasbourg cedex 2, France. Mél : pierre.rabu@ipcms.u-strasbg.fr

Jusqu'à maintenant, les systèmes fortement corrélés, magnétiques, à transition isolant-conducteur, supraconducteurs, magnéto-électriques, ... sont essentiellement des composés mono-composantes, souvent de basse dimensionnalité, de type métal, oxydes, chalcogénures ou moléculaires (composés à transfert de charge en particulier).

Le but de cet exposé sera de présenter de nouvelles approches utilisant la synthèse de systèmes hybrides ou composites, c'est-à-dire des assemblages, à l'échelle moléculaire de briques ou composants nanométriques de différentes natures visant à élaborer de nouvelles (hétéro-)structures fonctionnelles. Des exemples issus de la littérature comme de nos travaux permettront d'évaluer l'intérêt de ces approches pour concevoir de nouveaux matériaux ayant des propriétés prédéfinies et éventuellement couplées.

Structural phase transition, dielectric properties and vibrational study of rare earth stannate perovskite type oxides $\text{Sr}_{1-x}\text{Er}_x\text{SnO}_3$

S. Ouni,¹ S. Nouri,¹ H. Khemakhem,² and R. Ben Hassen¹

¹*Unité de Recherche de Chimie des Matériaux et de l'Environnement UR11ES25, ISSBAT, Université de Tunis ElManar 9, Avenue Dr. Zoheir Safi, 1006 Tunis, Tunisia*

²*Laboratoire des matériaux ferroélectriques (LFM), Département de Physique, Faculté des Sciences de Sfax*

Erbium-substituted strontium stannates, with Er content $x \leq 0.03$, have been prepared by sol gel method. The solubility limit of Er was found to be about 3%. The influence of temperature and the duration of the calcination, on the confirmation of single phase of Er doped SrSnO_3 were investigated by using X-ray powder diffraction. Rietveld refinement of the data revealed that the crystal structure of the representative compound ($\text{Sr}_{0.97}\text{Er}_{0.03}\text{SnO}_{3-\delta}$) is orthorhombic perovskite (space group Pbnm). The cell dimensions are : $a = 5.7152(1) \text{ \AA}$, $b = 5.7092(1) \text{ \AA}$ and $c = 8.0710(2) \text{ \AA}$. The vibrational properties of the samples with $x \leq 0.03$ were investigated using IR spectroscopy and Raman scattering. Measurements were done in a wavelength range $400\text{-}2000 \text{ cm}^{-1}$ for IR absorption and confirmed the observed tilting in the SnO_6 octahedra. The substitution of Er in the Sr site, results in a slight change of the position of the Raman spectrum bands. The electric and dielectric behaviors of these solid solutions have been studied as a function of temperature. Addition of erbium can decrease dielectric loss of $\text{Sr}_{1-x}\text{Er}_x\text{SnO}_3$ ceramics at room temperature. The conduction and the dielectric relaxation are attributed to hopping of electrons among Sn^{2+} and Sn^{4+} ions.

Examples of new compounds with disconnected magnetic units (FM, ferri ...)

R. David¹, H. Kabbour¹, A. Pautrat², M.-H. Whangbo³, O. Mentré¹

¹Unité de Catalyse et de Chimie du Solide, UMR8181, Villeneuve d'Ascq, France

²CRISMAT, UMR 6508-CNRS, ENSICAEN, Caen, France

³North Carolina State University, Raleigh, North Carolina 27695-8204, USA

Our group is interested in the elaboration and characterization of new compounds with isolated magnetic units able to display original behaviors such as metamagnetic properties, magnetization steps ... Here, I will present several interesting compounds concerned by this study (part of my PhD-thesis), including :

- $\text{BaFe}_2(\text{PO}_4)_2$ which consists of honeycomb layers containing high-spin Fe^{2+} ions. It is the first genuine two-dimensional oxide Ising ferromagnet (FM) with uniaxial magnetism parallel to the crystallographic three-fold axis (Figure 1a)). $\text{BaFe}_2(\text{PO}_4)_2$ undergoes a re-entrant structural transition between 140K and its FM critical temperature (65.5K) owing to competition between the uniaxial magnetism and Jahn–Teller instability [1]. In addition at high temperature it undergoes a topotactic oxidation towards a Fe-depleted form which conserves 2D-magnetic layers.

- Another striking example concerns the $\text{BaCo}(\text{X}_2\text{O}_7)$ series in which the $\text{X}=\text{As}$ is original. We will show how a structural modulation is responsible for magnetization steps due to the displacement of Co^{2+} species into a pseudo 2D-frustrated topology.

- Finally, among the number of compounds isolated during my PhD thesis, I will briefly present other typical behaviors such as the particular $M(H)$ obtained for a novel $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ oxide with two independent magnetic sublattices. (Figure 1b)).

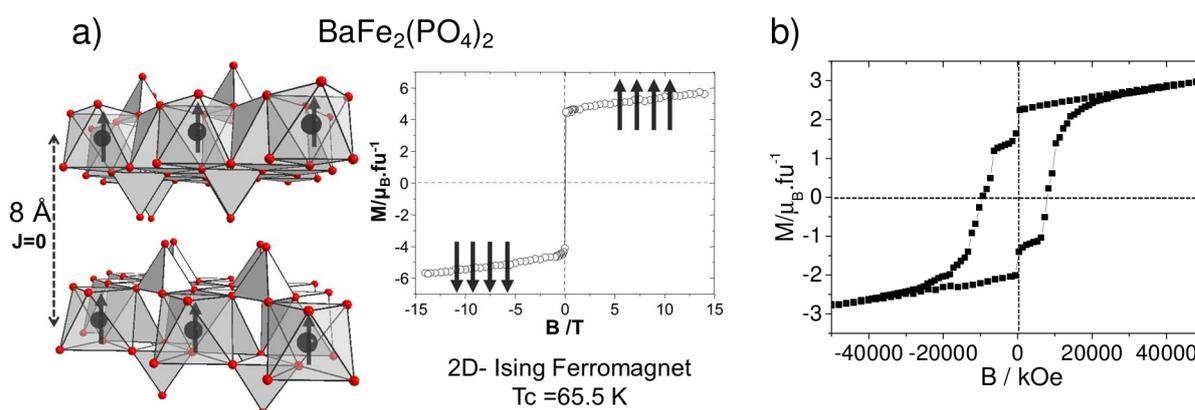


Figure 1 : a)description of $\text{BaFe}_2(\text{PO}_4)_2$ structure and magnetic curve; b) $M(H)$ obtained for a novel $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ oxide.

[1] Kabbour, H. and al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, 51, 11745–11749

Les systèmes Na_xVO_2 : l'apport de l'intercalation électrochimique

C. Delmas, M. Guignard, C. Didier et J. Darriet

ICMCB-CNRS, 87 Av. Dr A. Schweitzer 33608 Pessac France

Les phases Na_xMO_2 à structure lamellaire présentent des propriétés structurales et physiques qui sont fortement couplées. Leur structure est constituée de feuillets MO_2 entre lesquels sont intercalés les ions alcalins. Les feuillets MO_2 sont eux-mêmes constitués d'octaèdres MO_6 à arêtes communes. Selon la taille de l'ion alcalin inséré et sa concentration plusieurs empilements des feuillets peuvent être obtenus. Ils diffèrent essentiellement par les polyèdres de coordination des ions alcalins (prisme ou octaèdre) et par leurs interactions avec les octaèdres MO_6 des feuillets (partage de faces et/ou d'arêtes). Dans le cas des phases lacunaires au sodium (Na_xMO_2) les répulsions électrostatiques tendent à ordonner les ions sodium, tandis que les interactions avec les ions de transition modulent les propriétés électroniques au sein de feuillets. Cela a conduit au cours des 10 dernières années à une très forte activité focalisée sur les phases Na_xCoO_2 . Nous avons montré récemment que l'intercalation électrochimique était la méthode idéale pour explorer précisément le diagramme de phase de ce système et qu'elle permettait également de synthétiser des phases de composition parfaitement contrôlée pour réaliser des études physiques

Nous avons transposé récemment ces travaux aux phases homologues au vanadium. Les propriétés spécifiques des ions V^{3+} et V^{4+} laissait supposer des propriétés physiques originales. Le système $\text{P2-Na}_x\text{VO}_2$ a été étudié électrochimiquement et par diffraction X in situ pendant le cyclage électrochimique. De nombreuses phases sont observées (surstructures, modulation). Dans le cas de la composition $\text{P2-Na}_{0.50}\text{VO}_2$ une surstructure originale contenant des trimères de vanadium a été obtenue à température ambiante. Au-delà de 50°C la trimérisation disparaît, mais l'ordre des ions sodium est maintenu. Cette transition est accompagnée d'une forte augmentation de la conductivité électronique (deux décades).

Une vue générale des propriétés structurales et physiques de ces matériaux sera présentée.

Suppression of Charge Density Wave in VS₂

A. Gauzzi,^{1,*} A. Sellam,¹ F. Gozzo,² D. Taverna,¹ G. Rousse,¹ P. Giura,¹ Y. Klein,¹ M. Calandra,¹ G. Loupias,¹ D. Pelloquet,³ E. Gilioli,⁴ G. Calestani,⁵ G. Allodi,⁵ R. De Renzi,⁵ P. Roy⁶

¹*IMPMC, Université Pierre et Marie Curie-Sorbonne Université et CNRS 4, place Jussieu, 75005 Paris, France*

²*Swiss Light Source, Paul Scherrer Institut, Villigen, Switzerland*

³*CRISMAT, 6 Boulevard du Maréchal Juin, 14050 Caen, France*

⁴*IMEM-CNR, Area delle Scienze, 43100 Parma, Italy*

⁵*Università di Parma, Area delle Scienze, 43100 Parma, Italy*

⁶*Synchrotron SOLEIL, L'Orme des Merisiers, 91192 Gif-sur-Yvette, France*

We report on the successful synthesis of high purity powder samples of the metastable 1T-VS₂ phase under high pressure and high temperature conditions, 4 GPa and 700°C. Previous works reported on the synthesis of this metastable phase exclusively by means of the Li de-intercalation method. Thus, our result gives evidence that 1T-VS₂ is a high-pressure phase. A transmission electron microscopy study shows that our samples give no evidence of Charge Density Wave either at room temperature or at low temperature, contrary to previous reports on Li de-intercalated samples. Our samples also exhibit a semi-metallic like behavior of the electrical resistivity that contrasts the weak metallic properties reported previously. These differences may be attributed either to a residual Li-doping in the de-intercalated samples or to a 3% shorter *c/a* axis ratio of our samples, which correspond to more regular VS₆ octahedra in the latter samples.

In order to get a further insight into the above discrepancies, we carried out an accurate structural refinement by means of synchrotron x-ray diffraction in the 5-265 K range. Our data analysis shows that the structure is CdI₂ type at all temperatures. However, a negative thermal expansion of the *c*-axis is observed in the 50-150 K range, which reflects an anomalous increase of the V-S bond distance with decreasing temperature. This anomaly is accompanied by a crossover of the Curie-like behavior from a high-temperature regime with a sizable antiferromagnetic-like Weiss constant $\theta = -43$ K to a low-temperature regime with $\theta \sim 0$. On the other hand, the magnitude of the localized moments and of the Pauli contribution are unchanged, thus the above crossover reflects a change in the magnetic exchange interaction between ions. In the light of the above findings, in this contribution we discuss the relevant structural parameters driving the CDW and the magnetic and transport properties of VS₂ and related compounds.

*andrea.gauzzi@upmc.fr

Compétition entre ordre de charge et supraconductivité dans les cuprates

M. H. Julien

Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI) Grenoble

Une des grandes questions dans le domaine de la supraconductivité à haute température critique est de savoir si le pseudogap de l'état normal et le mécanisme d'appariement ont un quelconque rapport avec l'existence d'une ou plusieurs instabilités électroniques qui seraient en compétition avec la phase supraconductrice. Les évidences d'ordre électronique (impliquant les degrés de liberté de spin ou de charge et/ou des courants orbitaux) se multiplient en effet depuis une dizaine d'années, mais aucune description cohérente, unifiée, ne semble ressortir de la myriade de résultats obtenus par différentes techniques, dans différentes familles de cuprates.

Dans cet exposé, je décrirai comment l'observation d'oscillations quantiques [1] dans $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ a mené à la découverte d'un ordre de charge sous fort champ magnétique [2], comment la supraconductivité entre en compétition avec cet ordre de charge, comment l'instabilité de charge affecte l'état normal, et je ferai le lien entre ce phénomène et les nombreuses autres évidences d'ordres en compétition (par exemple 3-8) pour finalement aboutir à la conclusion qu'une très grande partie (mais peut-être pas la totalité) de cette phénoménologie résulte d'une instabilité de type onde de densité de charge qui semble donc générique aux cuprates sous-dopés. Cette conclusion révèle une remarquable convergence dans l'interprétation de certains des résultats phares des dix dernières années. S'agit-il pour autant d'un élément fondamental de la physique des cuprates ou, au contraire, d'une complication additionnelle, marginale dans le diagramme de phase et sans aucune incidence sur la supraconductivité? Cette question reste entière et je me garderai bien de spéculer quoi que ce soit. Enfin, j'essaierai peut-être quand même un tout petit peu : il serait dommage de faire un exposé sans sel en Bretagne.

- 1 Doiron-Leyraud, N. et al. *Nature* 447, 565 (2007).
- 2 Wu T. et al. *Nature* 477, 191 (2011).
- 3 Lake, B. et al. *Nature* 415, 299 (2002).
- 4 Hoffman, J. E. et al. *Science* 295, 466 (2002).
- 5 Fauqué, B. et al. *Phys. Rev. Lett.* 96, 197001 (2006).
- 6 Xia, J. et al. *Phys. Rev. Lett.* 100, 127002 (2008).
- 7 Daou, R. et al. *Nature* 463, 519 (2010).
- 8 Parker, C. V. et al. *Nature* 468, 677 (2010).

Dimensional crossover in the superconductor-insulator transition of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$

B. Leridon,¹ J. Vanacken,² V.V. Moshchalkov,² Baptiste Vignolle,³ Rajni Porwal,⁴ and R.C. Budhani⁴

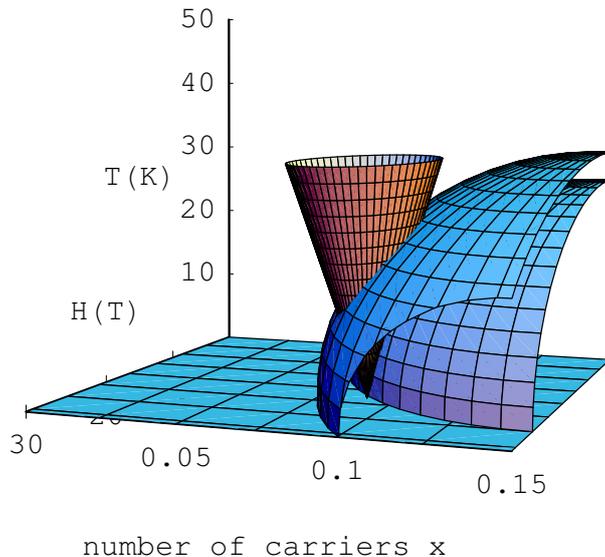
¹*LPEM, UMR8213/CNRS - ESPCI ParisTech - UPMC, 10 rue Vauquelin, 75005 Paris, France*

²*INPAC, KULeuven, Celestijnenlaan 200 D, B-3001 Heverlee, Belgium*

³*LNCMI, 143 Avenue de Rangueil, 31400 Toulouse, France*

⁴*NPL, CSIR, New Delhi 110012, and IIT Kanpur, Kanpur 208016, India*

The magnetic field driven superconductor/insulator transition is studied in a large variety of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ thin films of various Sr dopings. Temperature dependence of the resistivity down to 4.2 or 1.5 K under high pulsed magnetic field (up to 57 T) is analyzed. In particular, the existence of plateaus in the resistance versus temperature curves for given values of the magnetic field is carefully investigated. For underdoped samples, these plateaus, that are observable only in a limited range of temperatures, are shown to be associated to scaling behaviour of the resistance versus magnetic field curves, evocative of the presence of a quantum critical point. A three-dimensional (H,x,T) phase diagram is proposed, taking into account the intrinsic lamellar nature of the materials by the existence of a temperature crossover from quantum-two-dimensional to three-dimensional behavior.



Compétition supraconductivité onde de densité de charge/supraconductivité dans le composé TTF[Ni(dmit)₂]₂

W. Kaddour^{1,2} C. Pasquier,¹ P. Auban-Senzier,¹ M. Monteverde,¹ H. Raffy,¹ et L. Valade³

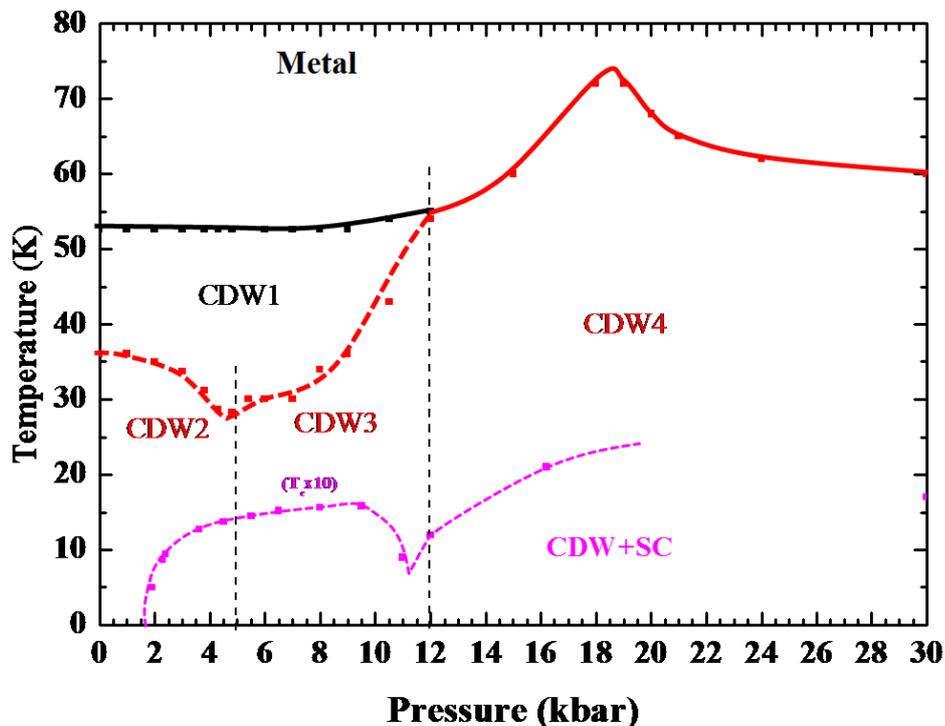
¹Laboratoire de Physique des Solides, Centre Universitaire, 91405 ORSAY Cédex

²Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Faculté des Sciences de Tunis, Campus Universitaire, 1060-Tunis, Tunisie

³Laboratoire de Chimie de Coordination, 205, Route de Narbonne, 31077 Toulouse

Le composé moléculaire quasi-unidimensionnel TTF[Ni(dmit)₂]₂ est un système multi-bandes où un état onde de densité de charge (ODC) à pression ambiante a été découverte, il y a 20 ans, par diffraction des rayons X. Malgré cet état ODC, le système reste métallique jusqu'aux plus basses températures, sans aucun accident dans la courbe de résistivité aux températures de transitions ODC. La supraconductivité (SC) à 1,6K sous une pression de 0,7GPa avait également été détectée. Cette température critique est très élevée pour un matériau moléculaire en présence de compétition CDW-SC.

Nous avons effectué des mesures de résistivité longitudinale ou transverse, de pouvoir thermoélectrique, de conductivité thermique, sous pression et dans une large gamme de température. Le nouveau diagramme de phase complet de ce composé dans la gamme 0-3GPa est représenté ci-dessous. Il met en évidence de nombreuses sous-phases ODC et une température critique supraconductrice évoluant fortement avec la pression. Ces résultats seront analysés en considérant l'évolution du remplissage de bandes avec la pression et les effets de commensurabilité.



Electrons f : phases exotiques et ordres mystérieux

S. Burdin

Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine (LOMA), Bordeaux, France

Les alliages métalliques constitués de terres rares ou d'actinides ont permis de révéler l'une des plus fascinantes réalisations du phénomène de transition de phase, en passant par exemple de non-magnétique à magnétique sous l'effet d'une variation de pression, d'un champ magnétique, ou d'un dopage chimique. Au voisinage de ces transitions, et à température finie, ces matériaux souvent métalliques ont des propriétés thermodynamiques, magnétiques, optiques et de transport inattendues, et sortent du cadre de la théorie standard des métaux.

Les propriétés métalliques non triviales de ces systèmes émergent presque systématiquement de la présence des orbitales électroniques 4f ou 5f. Parmi les très nombreux composés d'électrons f, beaucoup sont le siège de transitions peu conventionnelles. Des expériences récentes sur des composés de fermions lourds ont ainsi permis de confirmer l'existence de certains états quantiques exotiques prédits par la théorie, comme l'état FFLO, les états de liquides de spin, la supraconductivité triplet, ou les ordres multi-polaires. De nouveaux états encore mal identifiés ont aussi émergé, comme l'ordre caché, ou la supraconductivité induite par l'application d'un champ magnétique.

L'exposé décrira tout d'abord les principaux mécanismes microscopiques pertinents et communs à la plupart de ces composés d'électrons f. Il donnera ensuite un aperçu non exhaustif de plusieurs exemples de transitions mystérieuses observées récemment. Il s'efforcera aussi de présenter les questions ouvertes pertinentes pour la communauté.

Propriétés de l'état normal d' $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ sous champs magnétiques intenses

S. Badoux,¹ D. Vignolles,¹ B. Vignolle,¹ D. LeBoeuf,¹ S. Lepault,¹ B. Ramshaw,² R. Liang,² W.N. Hardy,² D.A. Bonn,² N. Doiron-Leyraud,³ L. Taillefer,³ and C. Proust¹

¹ *Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses, Toulouse, France*

² *University of British Columbia, Vancouver, Canada*

³ *Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.*

En 2007, 20 ans après la découverte des supraconducteurs à haute température critique, les premières oscillations quantiques ont été observées dans les cuprates sous dopés ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.51}$) par des mesures de résistivité puis d'aimantation en champ magnétique pulsé. Ces observations ont révélé une petite surface de Fermi (SF) couvrant seulement 1.9% de la première zone de Brillouin (PZB) ce qui est incompatible avec les calculs de structure de bandes. Ce résultat est en fort contraste avec les oscillations quantiques mesurées dans les cuprates sur dopés qui correspondent à la large orbite de type trou prédite par les calculs de structure de bandes et qui occupe 65% de la PZB.

Au cours de cet exposé je vous présenterai comment les mesures d'oscillations quantiques associées aux mesures des coefficients de Hall et Seebeck suggèrent qu'en dessous d'un certain dopage, la grande orbite de type trou caractéristique des cuprates sur dopé se reconstruit en de petites orbite de type électrons. Cette reconstruction est liée à la présence d'un ordre qui brise la symétrie de translation du réseau qu'il convenait de caractériser.

De récentes mesures de RMN [1] ont montré qu'aucun ordre de spin n'est présent dans la gamme de dopage étudiée mais qu'en revanche un ordre de charge est stabilisé par l'application d'un champ magnétique à basse température. La présence d'un ordre de charge en compétition avec la supraconductivité a par ailleurs été confirmée par diffraction de rayon X [2].

Enfin je terminerai ma présentation par nos récentes mesures de vitesse et d'atténuation ultrasonore [3] qui apportent une signature thermodynamique de l'ordre de charge et permettent d'analyser la symétrie de cet ordre. Ces résultats posent de fortes restrictions quant au mécanisme à l'origine de la reconstruction de la SF.

[1] T. Wu et al., *Nature* 477, 191-194 (2011).

[2] G. Ghiringhelli et al., *Science* 337,821 (2012).

[3] D. Leboeuf et al., arXiv :1211.2724 (2012).

Effect of pressure and chemical substitution on the structural, magnetic and superconducting properties of iron based arsenides and chalcogenides

P. Toulemonde,^{1,*} S.J.E. Karlsson,¹ G. Garbarino,² D. Santos-Cottin,^{1,3} D. Freitas,¹ M. Nunez-Regueiro,¹ P. Strobel,¹ A. Sulpice,¹ J. Marcus,¹ S. Pairis,¹ F. Levy-Bertrand,¹ C. Marcenat,⁴ J.A. Rodríguez Velamazán,⁵ V. Nassif,^{1,5} Th. Hansen,⁵ F. Morales⁶

¹ *Institut Néel, CNRS and UJF, F-38042 Grenoble, France*

² *ESRF, F-38043 Grenoble, France*

³ *IMPMC, Université Pierre et Marie Curie, 75005 Paris, France*

⁴ *SPSMS, UMR-E9001, CEA-INAC UJF-Grenoble 1, F-38054 Grenoble, France*

⁵ *Institut Laue Langevin, F- 38042 Grenoble, France*

⁶ *IIM, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. 04510, México*

Since the discovery of high T_c (up to 55 K) superconductivity in the oxy-pnictides LnFeAsO ($\text{Ln}=\text{La}, \text{Nd}, \text{Pr}, \text{Sm} \dots$) [1], and the following discovery of other layered superconducting compounds based on iron in tetrahedral coordination, there has been an extensive amount of studies to understand the mechanisms related to this unconventional superconductivity. One of the ultimate objectives is to raise T_c even further. It is now known that the Fermi surface (and then the physical properties) is very sensitive to small changes in the crystal structure parameters but the complex relationship between the superconductivity, magnetic order and structural parameters are not yet fully understood [2]. To determine the effect of changes in the crystal structure directly on the electronic and magnetic properties it is important to tune the structural parameters isoelectronically, without the direct influence of charge carrier doping (when Fe is substituted by Co or Ni for example).

Therefore, we have studied the effect of isovalent substitution of arsenic by phosphorous and antimony on the magnetic and structural phase transitions in the LaFeAsO system using x-ray or neutron powder diffraction, magnetisation, transport and specific heat measurements. Polycrystalline samples of $\text{LnFe}(\text{As}_{1-x}\text{Pn}_x)\text{O}$ (with $\text{Ln} = \text{La}$ or Sm and $\text{Pn} = \text{P}$ and Sb) were prepared using solid state synthesis at ambient and high pressure – high temperature. We have shown that P substitution (which can also be viewed as chemical pressure) decreases the AFM (a spin density wave) temperature transition T_N of the parent LnFeAsO compound and induces superconductivity for $x(\text{P}) > 0.10$. The effects were compared with those obtained on pure SmFeAsO submitted to mechanical pressure [3]. Concerning the Sb doping, we find a slight increase of the magnetic moment of iron in the AFM phase, a continuous decrease of T_N with the Sb content and finally that this isoelectronic substitution alone cannot induce superconductivity in LaFeAsO [4]. Only our oxygen deficient (then doped) samples prepared at HP-HT show superconductivity up to 30K. The phase diagram of $\text{LaFe}(\text{As}_{1-x}\text{Sb}_x)\text{O}$ has also investigated further using HP synchrotron x-ray diffraction and resistivity measurements at low T.

Following the discovery of superconductivity in FeSe selenide at $T_c = 8$ K, increased at $T_c = 14$ K in $\text{Fe}_{1+\delta}(\text{Te}_{0.5}\text{Se}_{0.5})$ by isovalent substitution of Se by Te, superconductivity was recently found in a new selenide with values around $T_c = 30$ K : $\text{AFe}_{2-x}\text{Se}_2$ (with $\text{A}=\text{K}$ [5], Rb, Cs or with a mixed site Tl/Rb, Tl/Cs, Tl/K).

A related compound is the iron-deficient antiferromagnet compound $\text{TlFe}_{2-x}\text{Se}_2$, synthesized for the first time 25 years ago [6]. This Tl-based compound shows a Néel temperature around $T_N = 450\text{K}$. For the first time, we have studied the structural, transport and magnetic properties of the $\text{TlFe}_{2-z}(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_2$ series substituted with sulfur [7]. We have found a decrease a T_N linearly correlated with the shrinkage of the Fe-Ch bond length, without appearance of superconductivity at low temperature for any $x(\text{S})$ sulfur composition.

We have also studied the pure $\text{TlFe}_{1.6}\text{Se}_2$ compound under high pressure, by neutron (up to 9 GPa) and x-ray diffraction (up to 20 GPa) combined with transport measurement in the 4-300K range [8].

At room temperature, and under pressure, the system which is antiferromagnetically ordered undergoes a phase transition around 6 GPa towards a metallic state accompanied by the loss of its long range magnetic order. No bulk superconductivity was found in the transport measurements down to 4.2K and up to 22 GPa.

- [1] Y. Kamihara, T. Watanabe, M. Hirano et al., *J. Am. Chem. Soc.* 130, 3296, 2008.
- [2] J. Paglione and R. L. Greene, *Nat. Phys.* 6, 645, 2010.
- [3] Garbarino et al. *Phys. Rev. B* 84, 024510 (2011); Toulemonde et al., paper in preparation.
- [4] S. J. E. Karlsson et al *Phys. Rev. B* 84, 104523 (2011).
- [5] J. Guo et al., *Phy. Rev. B* 82, 180520(R) (2010).
- [6] L. Häggström, H.R. Varma, B. Bjarman, R. Wäppling, R. Berger, *J. Sol. St. Chem.* 63, 401-408 (1986).
- [7] P. Toulemonde, D. Santos-Cottin, Ch. Lepoittevin, P. Strobel, J. Marcus, submitted to *J. Phys. : Cond. Mat* (2012).
- [8] G. Garbarino, S.J.E. Karlsson, P. Strobel, M. Núñez Regueiro, Th. Hansen, P. Toulemonde, unpublished.

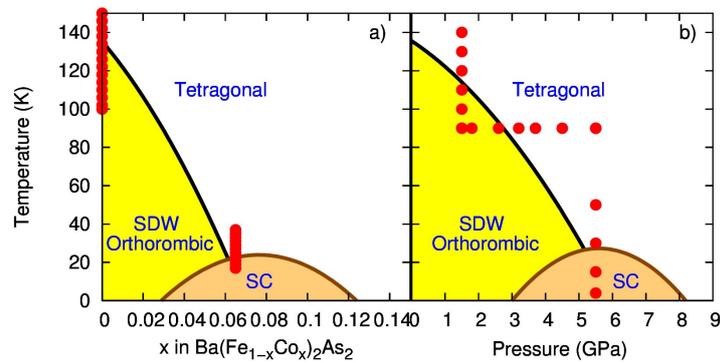
*pierre.toulemonde@grenoble.cnrs.fr

Influence du dopage et de la pression sur la structure électronique de $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$

V. Baledent

Synchrotron SOLEIL, Saint Aubin, FRANCE

Les diagrammes de phases du pnicture de Fer $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ en pression ou en dopage apparaissent identiques d'un point de vue des propriétés macroscopique. Sous l'effet de ces deux paramètres, la température de Néel chute, l'onde de densité de spin laissant place à la supraconductivité (Fig.). Bien que le mécanisme à l'origine de cette supraconductivité ne fasse pas consensus, il semble admis que les bandes du fer y jouent un rôle prédominant. Les mesures d'ARPES semblent supporter un scénario de type bande rigide, dans lequel l'électron supplémentaire modifie le niveau de Fermi[1]. Nous présentons ici nos résultats de diffusion résonnante inélastique de Rayons-X sur ce système au seuil K du Fer. Cette technique est sensible à la structure électronique des états $3d$ du fer, et permet une étude des diagrammes de phases température-dopage et température-pression. Nous discuterons de l'apparente contradiction de ces résultats avec l'ARPES.



[1] S. Thirupathiah et al. Phys. Rev. B 81, 104512 (Mar 2010)

Que peut apporter la connaissance de la liaison chimique à l'approche mécanistique de la supraconductivité à haute T_c ?

Michel Pouchard

ICMCB, 33600 Pessac

Dix questions à un chimiste candide sur les cuprates à "haute T_c " :

- Pourquoi les trous de dopage des cuprates à haute T_c se font-ils aussi facilement ?
- Comment varient avec le dopage en trous des paramètres comme : l'ionocité et la covalence de la liaison Cu-O, la longueur d'écrantage, les forces de Coulomb et les forces de Van der Waals, le paramètre de Hubbard U ... ?
- Quel peut être le rôle des phonons, du magnétisme ... ?
- Quel type d'excitation, d'excitons ?
- Quelle analogie peut-on proposer entre la solvation des ions en chimie et les interactions porteurs de charge-dipôles dans un milieu hyperpolarisable dopé ?
- La dimérisation en paire d'ions est-elle transposable aux paires d'électrons (trous) ?
- Ordre ou désordre des paires de trous pour une condensation de Bose-Einstein, symétrie locale, cristal de Wigner 2D... ?
- Les électrons non liants sont-ils aussi non liants qu'on le dit ?
- Le temps moyen des interactions est-il un paramètre clé ? Peut-on imaginer un mécanisme unique reliant CBE à BCS ?

J'essayerai d'aborder ces divers aspects avec l'œil naïf d'un chimiste.

Etude du système à fermions lourds URu₂Si₂ en champ magnétique intense

G. W. Scheerer,¹ W. Knafo,¹ D. Aoki,² G. Ballon,¹ M. Nardone,¹ A. Zitouni,¹ J. Barata,¹ J. Beard,¹ J. Billette,¹ M. Suleiman,¹ P. Frings,¹ A. Audouard,¹ L. Drigo,¹ A. Pourret,² G. Knebel,² J. Flouquet²

¹*Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses, Toulouse, France*

²*Institut Nanosciences et Cryogénie, SPSMS, CEA, Grenoble, France*

Je vais présenter une étude par magnétorésistance et aimantation de plusieurs échantillons de grande qualité d'URu₂Si₂, dans des champs magnétiques pulsés allant jusqu'à 80 T et des températures allant jusqu'à 100 mK.

Nous avons déterminé le diagramme de phase température - champ magnétique du système pour un champ magnétique appliqué selon l'axe c, qui est l'axe magnétique facile du système, dans une fenêtre étendue [0-60 T, 0-60 K]. Plusieurs transitions de phase et «crossovers» sont induits sous champ magnétique. La phase dite «à ordre caché» est destabilisée au-delà de 35 T et un état polarisé paramagnétique est atteint au-dessus de 39 T. Le diagramme de phase montre que, sous champ magnétique, la disparition d'un crossover à environ 40-50 K à champ nul précède la polarisation des moments magnétiques au dessus de 39 T, mais aussi qu'elle conduit à la destabilisation de l'ordre caché. La dépendance du diagramme de phase avec l'angle entre le champ magnétique et de l'axe c sera aussi présentée.

Nous avons observé et analysé des oscillations quantiques dans la magnétorésistance pour plusieurs configurations pour H || a et H || c, où une modification de la surface de Fermi est observée au sein de la phase «ordre caché». Cette modification de la surface de Fermi est confirmée par la dépendance en champ magnétique et en température de la contribution orbitale (et non oscillatoire) de la magnétorésistance. Notre étude confirme que le magnétisme et la surface de Fermi jouent tous deux un rôle important dans la phase à "ordre caché".

[1] G.W. Scheerer et al., Phys. Rev. B 85, 094402 (2012).

[2] G.W. Scheerer et al., arXiv :1202.4292.

Raman Scattering study of the hidden order state of URu₂Si₂

J. Buhot,¹ M.-A. Méasson,¹ M. Cazayous,¹ Y. Gallais,¹ A. Sacuto,¹ G. Lapertot² and D. Aoki²

¹*Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques, UMR 7162 CNRS, Université Paris Diderot - Paris 7, France*

²*SPSMS, UMR-E CEA, UJF-Grenoble 1, INAC, 38054 Grenoble, France*

The unconventional superconductivity appears usually inside or nearby a magnetic phase, however more exotic cases exist. The heavy fermion compound URu₂Si₂ exhibits a superconductivity phase ($T_c = 1.5\text{K}$) inside a so-called hidden order phase ($T_0 = 17.5\text{K}$). Despite over 25 years of research, the microscopic origin of the hidden order is not yet well known [Mydosh].

Optical investigations on URu₂Si₂ are mainly far-infrared reflectance experiments [Bonn, Levallois, Guo]. These measurements show two energy gap structures, one below the Kondo temperature ($T_K = 70\text{K}$) and the other below T_0 . Up to now, only few Raman scattering studies have been performed [Cooper, Lampakis] and only for some symmetries. We have studied URu₂Si₂ in all symmetries and down to low temperature (2K). We have probed the phononic and electronic properties, through the hidden order temperature, in a wide frequency range.

In all symmetries, a conventional behavior for the temperature dependency of the phonon modes has been observed, except for the B1g phonon mode which surprisingly softens below $\sim 50\text{K}$. Furthermore, no signature of the hidden order transition has been detected in the phononic signal.

We have also studied accurately the Raman electronic signal. No gap has been observed in Raman spectroscopy although its presence has been confirmed in optical conductivity on the same sample. Moreover, a quasi-elastic peak has been seen in A2g symmetry, likely due to magnetic fluctuations. Possible crystal electric field excitations signals at high energy have been investigated.

J. A. Mydosh et al., *Reviews of Modern Physics* 83, 1301 (2011)

D.A. Bonn et al., *PRL* 61, 1305 (1988)

J. Levallois et al., *PRB* 84, 184420 (2011)

W.T. Guo et al., *PRB* 85,195105 (2012)

S. Cooper et al., *PRB* 36, 5743 (1987)

D. Lampakis et al., *Physica B* 378-380, 578 (2006)

Transport properties of the correlated 2D system BaNiS₂

D. Santos-Cottin, Y. Klein, A. Soyer, M. D'Astuto, G. Rousse, A. Gauzzi

*Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés, Université Pierre et Marie Curie, CNRS
UMR 7590, Paris, France*

The 2D Mott system BaCo_{1-x}Ni_xS₂ offers a unique opportunity of studying the Mott transition in the regime of moderately ionic d-p bonds characteristic of transition metal sulfides. This system is characterized by a square-planar lattice of Co²⁺ or Ni²⁺ ions in a pyramidal coordination. It shares with superconducting cuprates and heavy fermions a similar electronic phase diagram characterized by a metal-insulator transition (MIT) controlled by pressure or chemical substitution, x , concomitant to an antiferromagnetic (AFM) to paramagnetic (PM) transition [1]. However, the transport properties have been little studied and most reports concern compositions with x near the critical value, $x_c \approx 0.22$, of the MIT. Even for the end-member of the series, BaNiS₂, the scattering mechanism and the density of the charge carriers remain to be determined. Specifically, it has not been established yet whether the scattering mechanism arises from electron-electron correlations or from the electron-phonon interaction.

In order to address this point, we have performed a detailed study of the magnetotransport properties (i.e. resistivity, ρ , and Hall effect, RH) on high-quality single crystals as a function of field up to 9 T. In this contribution, we shall discuss the transport picture that emerges from our data analysis. First, we shall focus on the temperature-dependence of the carrier density, mobility and mass renormalization parameter for both, in-plane and out-of-plane transport. Second, the temperature-dependence of the Hall effect gives a clue as to the anisotropy of the scattering in the plane. Finally, our analysis of the magnetoresistance enables us to determine the role (if any) of localization and of the exchange interaction on the transport properties.

[1] S. Shamoto et al., J. Phys. Soc. Jpn, 66, 1138 (1997).

Ordre paradoxal et dynamique de spin anisotrope dans $\text{CeRu}_2\text{Al}_{10}$

J.-M. Mignot,¹ S. Petit,¹ K. Saito,¹ J. Robert,¹ G. André,¹ P. Steffens,² T. Nishioka,³ R. Kobayashi,³
M. Matsumura,³ H. Tanida,⁴ D. Tanaka,⁴ and M. Sera⁴

¹*Laboratoire Léon Brillouin, CEA-CNRS, CEA/Saclay, Gif sur Yvette, France*

²*Institut Laue-Langevin, Grenoble, France*

³*Graduate School of Integrated Arts and Science, Kochi University, Japan*

⁴*Department of Quantum Matter, ADSM, Hiroshima University, Japan*

Les composés de la famille $\text{Ce}M_2\text{Al}_{10}$ ($M = \text{Ru}, \text{Os}, \text{Fe}$) ont d’abord été considérés comme de nouveaux exemples d’“isolants Kondo”, c’est à dire de systèmes d’électrons fortement corrélés développant à basse température un gap électronique et un comportement semiconducteur dus à l’hybridation des états $4f$ localisés avec la bande de conduction. Mais rapidement, la découverte d’un état d’ordre antiferromagnétique, inhabituel dans ce type de système, a soulevé de nouvelles questions. Ni la valeur élevée de la température d’ordre ($T_0 = 27$ K dans $\text{CeRu}_2\text{Al}_{10}$, contre seulement 16 K dans $\text{GdRu}_2\text{Al}_{10}$), ni la direction des moments ordonnés, contraire à l’anisotropie observée dans la phase paramagnétique, ni leur réorientation dans un champ magnétique extérieur, ne s’expliquent simplement dans une modèle classique associant le champ cristallin et les interactions d’échange RKKY.

Grâce aux monocristaux préparés à l’université de Hiroshima, nous avons pu caractériser la structure, puis sonder la dynamique de spin de $\text{CeRu}_2\text{Al}_{10}$ dans la phase ordonnée ainsi qu’au voisinage de la transition. L’utilisation de neutrons polarisés nous a permis de mettre en évidence une anisotropie très particulière des couplages entre les moments magnétiques de Ce. Des calculs de RPA peuvent décrire certains aspects de ces résultats, mais ils ne reproduisent pas la dispersion de manière quantitative et les valeurs des constantes d’échange ne semblent pas réalistes. Nous attribuons ces écarts à une hybridation directionnelle des états $4f$ avec ceux des ligands (Al notamment) formant une “cage” autour du site de la terre rare. La substitution du ruthénium par le rhodium permet d’observer comment ces propriétés apparaissent à partir d’un composé présentant un magnétisme plus conventionnel.

Graphite sous (très) fort champ magnétique

B. Fauqué¹, D. Leboeuf², C. Proust², K.Behnia¹

¹ *LPEM (UPMC-CNRS), Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles, 75005 Paris, France*

² *Laboratoire National des Champs Magnétiques Pulsés (CNRS-UPS-INSA), Toulouse, France*

Les semi-métaux sont caractrisés par un très faible nombre de porteurs (typiquement de 10^{-4} à 10^{-5} moins que pour les métaux). L'une des conséquences de cette propriété est qu'un champ magnétique de 10T est assez fort pour mettre tous les électrons dans le dernier niveau de Landau. Cette limite, dite limite quantique, a été extrêmement étudiée dans le cas des gaz d'électrons bidimensionnels mais finalement très peu dans le cas tridimensionnel. Les semi-métaux sont donc une niche pour sonder la nature de l'état électronique d'un gaz d'électrons 3D dans le régime de la limite quantique. Dans cet exposé, je présenterai nos mesures de transports électriques et d'effet Nernst (le champ électrique transverse créé par un gradient thermique en présence d'un champ magnétique) dans le graphite au-delà de la limite quantique. L'étude de la réponse thermoélectrique dans ce régime a révélé que l'effet Nernst est une sonde extrêmement sensible aux phénomènes quantiques [1]. De plus, à la lumière des travaux récents sur la réponse thermoélectrique dans le graphène, notre étude a révélé que la dimensionnalité change la réponse thermoélectrique [1]. Nous présenterons enfin nos récentes mesures sous très fort champ magnétique jusqu'à 80T [2,3].

[1] Z.Zhu et al, Nature Physics, 6, 26-29 (2009).

[2] B.Fauqué et al., PRL, 106.246405 (2011).

[3] B.Fauqué et al., non soumis